动词隐喻的加工机制及整合时程—来自行为和 ERP 的证据

李莹[1] 卢笑笑[1] 李新彦[2] 王悦[1]*

[1](郑州大学教育学院 郑州 450001)

[2](郑州商学院 郑州 451200)

摘 要 动词隐喻的加工是完全基于感知运动模拟还是会涉及抽象语义加工系统的参与，以及两者的相互作用一直处于争论中。研究通过 2 个实验，考察汉语动词隐喻的加工机制及整合时程。实验 1 在短语水平上考察动词隐喻理解的加工，发现在动词隐喻短语启动下，被试对抽象动词的真假词判断反应更快，表明动词隐喻的抽象表征可以促进隐喻义的加工。实验 2 采用 ERP 技术，从句子水平上考察动词隐喻句阅读理解句子隐喻义建构的时间进程及神经机制。结果发现：谓语（动词）阶段，动-宾动词隐喻句诱发的 N400 效应与字面-具体句更为接近，主-谓动词隐喻句诱发的 P600/LPC 效应与字面-抽象句更为接近，主-谓动词隐喻句比动-宾动词隐喻句诱发更正的 P600/LPC；宾语阶段，主-谓动词隐喻句和动-宾动词隐喻句诱发的 P600/LPC 平均波幅差异不显著，但均比字面句-具体句和字面-抽象句诱发的 P600/LPC 波幅更大。整个研究表明，动词隐喻语义的加工机制是结合了字面-具体语义和字面-抽象语义的神经模式，并且动词隐喻义是随着语义的展开即时整合的。

关键词 动词隐喻，感觉运动模拟，抽象语义，N400，P600/LPC

分类号：B842

1 前言

隐喻指的是利用语义特征的灵活性通过形成字面语义冲突以表达新的含义 (Benedek et al., 2014; Faust & research, 2012; Richardson et al., 2003; Rutter et al., 2012; Semino et al., 2008)。Gentner 和 France (1988)提出，当句子中的名词与动词不相匹配或其搭配产生一种字面语义冲突时构成的隐喻意义即动词隐喻。例如，“The rumor flew through the office”，行为动词 fly 的主语并不是昆虫或鸟类等具有飞行能力的事物，而是不能物理执行飞行这一动作的无生命抽象概念“谣言”，因此主语无生命个体与谓语动词的非常规搭配产生了字面语义冲突，从而隐喻性的表达抽象含义“谣言传播的速度非常快”。与此类似，当表述“抓紧时间”时，

教育部人文社会科学基金项目（20YJC190023）、河南省教育厅人文社会科学项目（2020-ZZJH-458）、河南省教育科学规划一般课题（2017-JKGHYB-0002）的资助。

通信作者：王悦，E-mail：yuezi68@126.com

并不是真的执行物理动作“抓”，而是借助“抓”的抽象隐喻义从而表达一种紧迫感。那么，动词隐喻义究竟是如何在头脑中表征的？当人们理解“抓紧时间”时，是直接从长时记忆中提取“抓住”的抽象语义，还是借助对“抓住”的具体动作语义进行心理模拟来实现隐喻意义的通达？

动词隐喻的内在加工机制已成为心理语言研究的热点问题。已有研究从行为学和认知神经科学角度进行了大量探讨，并形成了不同的理论解释(Barsalou et al., 2003; Horoufchin et al., 2018; Winkielman et al., 2018; Wu et al., 2017)。具身语义学(embodied lingustics)认为，动词隐喻理解和字面语言理解一样存在具身效应，隐喻义的加工是以感知运动系统为基础的，依赖于隐喻源域概念即具体概念的感知运动模拟(Qu et al., 2013; Yin et al., 2013; 王斌 等, 2019; 王继瑛 等, 2018)。因而，理解动词隐喻时会对具体动作进行推断与心理模拟，激活与具体动作有关的初级运动系统以及与计划和执行有关的高级运动系统，并借助动词的具体动作语义实现隐喻义的加工。Boulenger 等人(2009)采用 fMRI 考察包含腿部或者手部动作的隐喻句和字面句理解的神经机制，结果发现字面句和隐喻句共同激活了左额颞网络(1eft fronto-temporal network)的广泛区域，并且隐喻句在前额和颞中皮层((pre-frontal and middle temporal cortex)有更强激活。更重要的是，隐喻句和字面句在中央和中央前回皮层所属的运动带上均有明显激活。Lauro 等人(2013)考察了动词字面句和隐喻句理解的神经机制，结果发现当被试阅读与上肢运动有关的字面句与隐喻句时，大脑左侧中央前回和左侧前顶下小叶有显著激活。先前研究证实，左侧中央前回与动作执行有紧密关联，而左侧前顶下小叶也属于次级感觉运动区域(Desai et al., 2013)。此外，研究利用经颅磁刺激(transcranial magnetic stimulation，TMS)以及诱发电位(motor evoked potentials，MEP)表明，动词隐喻义的通达基于对字面-具体语义的感知运动模拟而建构。例如，Cacciari 等人(2011)给被试呈现与腿部动作有关的字面句和隐喻句，并在大脑左侧运动皮层(M1)给予单脉冲 TMS 刺激，同时记录身体右侧腓肠肌与胫骨前肌的运动诱发电位。结果发现，阅读字面句和隐喻句均伴随运动皮层的激活，表明动词的隐喻义仍保留了动词动作语义成分，进一步说明植根于感觉-运动系统的具体语义表征在隐喻句理解过程中扮演了重要的角色。

另有研究认为，动词隐喻的加工并非必须借助具体语义的感知运动模拟。句子字面义和隐喻义是平行加工的，在恰当的语境中不需要激活其字面义也能直接提取隐喻语义(郭晶晶， 赵婧超, 2017)。根据这一观点，动词隐喻的理解过程中更多涉及抽象语义的加工，而非以感知运动系统为基础的字面-具体表征的加工。吴念阳 等人(2012)发现，隐喻句和字面

句加工在行为反应和 ERP 效应上均类似，加工隐喻义时并非先否定字面义，而是直接通达隐喻含义。Aziz-Zadeh 等人(2006)发现只有具体动作（grasping the apple）表现出运动区的激活效应，动词隐喻语言的理解（grasping the idea）则没有这种效应。同样，Raposo 等人(2009)发现，字面句中的动词呈现时伴随感知运动区和额颞叶激活，而隐喻句中的动词并未激活运动区和前运动区。并且，理解带有动词的字面句会激活左枕颞运动区，然而阅读相同动词隐喻句时，处理抽象语义加工的额下回和左侧颞中回激活程度更高(Chatterjee, 2010)。Desai 等人(2011)采用 fMRI 考察动词隐喻理解的神经机制，结果发现动词隐喻句和抽象句共同激活了左侧颞上沟。先前研究证实，左侧颞上沟的激活一般反映隐喻句抽象含义的编码(郑玮琦 等, 2018)，说明动词隐喻的表征不完全依赖于感知运动模拟，而是也有涉及抽象语义的加工。

具身语义研究进一步提出，感知运动系统激活在语义加工早期有重要作用，而任务反应和脑区激活的结果难以直接反映具体语义激活是隐喻义的加工策略还是语义加工的附带效应。因此，考察动词隐喻的时间进程有助于进一步分析即时在线加工中具体和抽象语义的激活。Lai 等人(2019)采用 ERP 技术考察动词隐喻的加工进程，结果发现早在谓语动词呈现时隐喻句就出现了与字面-具体句相似的 N400 效应，研究者认为动词隐喻理解的早期阶段主要是基于具体语义的感知运动模拟。Shen 等人(2015)以 N400 和 P600/LPC 成分作为模态信息激活的标志，结果发现，动词隐喻句分别诱发了与字面-具体和字面-抽象句相似的 N400 和 P600 效应。并且，Boulenger 等人(2012)采用 MEG 和分布式源定位技术考察字面句和隐喻句在不同加工阶段的脑区激活时发现，与字面句相比，隐喻句在 150ms-250ms 之间引起了前额颞区域的更大激活。同时，隐喻句引发了中央前回运动系统的激活，而这一区域涉及动词语义的通达。这些结果表明，感觉运动系统和抽象语义加工系统均参与动词隐喻加工，隐喻义的通达是建立在两者共同作用基础上的。

通过总结隐喻加工进程与神经机制的相关研究，目前大多研究结果证实了动词隐喻的理解是基于感知运动系统的，并从具身语义角度对动词隐喻的加工机制进行了解释(Obert et al., 2018; Richardson et al., 2003; Wilson & Gibbs, 2007)。然而，对于动词隐喻的加工是否涉及抽象语义加工系统的参与并没有一致结论。尽管少数研究发现了隐喻加工中抽象语义的激活，但对于抽象语义与具体语义之间存在怎样的相互影响以及如何共同作用实现隐喻语义的通达尚不明了。倘使动词隐喻的加工机制是结合了字面-具体语义和字面-抽象语义的神经模式，那么动词隐喻中的具体语义和抽象语义分别在哪一阶段得到了激活？其次，以往研究主要关注动词隐喻理解过程中感知运动系统激活的时程(Lai et al., 2019)，并未对

动词隐喻义的整合时程进行深入探讨。由于动词隐喻的构成依赖于语境，是通过动词与其它句子成分产生字面语义冲突而形成。倘使动词隐喻义的整合随着语义展开而即时进行的，字面语义冲突的时间点会直接影响隐喻义的整合时程。那么，在语境中更早产生字面语义冲突（隐喻义）是否会提前对隐喻义进行整合？即主-谓构成冲突的动词隐喻是否比谓-宾冲突的动词隐喻能够更早的整合隐喻义？先前研究并没有对动词隐喻进行进一步区分，因此对于隐喻义是在动词出现时即得到通达，还是一直延续到句子加工末尾才整合到句义中仍不清楚。回答这一问题能够进一步明确动词隐喻的加工进程。

基于以上思考，当前研究通过两个实验逐步考察动词隐喻的加工机制及整合时程。研究假设为：1）动词隐喻的加工机制是结合了字面-具体语义和字面-抽象语义的神经模式；2）动词隐喻义的整合是随着语义的展开而即时进行的。

2 实验 1

本实验采用句子启动范式探讨动词隐喻理解中是否同时包含具体语义和抽象语义的激活，以及两种语义的相互作用。实验假设：倘使动词隐喻的加工机制是结合了具体语义和抽象语义的神经模式，那么动词隐喻的理解既能够促进具体动词判断的任务反应，同时也能加快与隐喻义相关的抽象动词判断。

2.1 被试

基于相关研究报告的效果量及期望功效值(0.8)，采用 G*Power3.1 软件，计算被试量为 24 人。共招募 57 名母语为汉语的在校学生参与实验，9 名被试因错误率过高(>60%)或存在极端反应时数据而剔除，剩余 48 名被试。其中女生 25 名，男生 23 名，年龄在 18-24 岁，平均年龄 19.16±1.19 岁。所有被试均为右利手，视力或矫正视力正常。据自我报告，所有被试均无语言障碍、神经障碍。被试在实验前均签署知情同意书，且实验结束获得适量报酬。

2.2 实验设计和材料

采用单因素被试内设计，自变量为目标词类型，分为抽象动词、具体动词、抽象-控制动词和具体-控制动词四个水平。因变量为真假词判断的正确率和反应时。

基于 BCC(北京语言大学语料库中心) 和 CCL(北京大学现代汉语语料库)语料库和前人文献共编写 32 个动词隐喻短语作为启动材料，所有短语形式为动词+宾语(V+NP)。根据所编写的动词隐喻选取抽象动词和具体动词各 32 个作为目标材料中的实验词。其中，抽象动

词与动词隐喻短语具有语义相关，具体动词为动词隐喻短语中动词的反义词。另选取与动词隐喻短语无语义相关的抽象动词和具体动词 32 个作为目标材料中的控制词。另编制 16 组动词隐喻短语和假词作为否反应依据，短语结构和实验短语材料结构一致（如“翻开记忆”），假词是由两个独立汉字组成的无意义双字词（如“掉确”）。（材料举例见表 1）。

表 1 实验 1 材料举例

启动材料	目标材料			
动词隐喻短语	抽象动词	抽象-控制动词	具体动词	具体-控制动词
吞掉财产	侵占	查清	吐出	合上
点燃热情	激发	展望	扑灭	拆卸

选取 90 名不参与正式实验的大学生对动词的抽象性和具体性进行 7 点评分(1= 非常抽象，7= 非常具体)，对动词隐喻短语的熟悉性和可理解性(1=非常不熟悉/ 完全不理解，5=非常熟悉/ 完全理解)、动词的熟悉性(1= 非常不熟悉，5= 非常熟悉)以及动词隐喻短语与动词之间的语义关联性(1= 毫无语义联系，5= 非常有语义联系)分别进行 5 点评分。评定结果表明，所有动词隐喻短语的熟悉性得分均值均大于 3(4.38 ± 0.37)；动词隐喻短语的可理解性得分大于 3(4.31 ± 0.39)；抽象动词和具体动词的熟悉性差异不显著，(F (1, 20) = 0.57, p = 0.57)，均为高熟悉的动词，抽象性差异显著，(F (1, 22) = 212.90, p < 0.001)，抽象动词的抽象程度显著高于具体动词。动词和动词隐喻短语的语义关联性差异显著，(F (3, 78) = 267.92, p < 0.001)，进一步分析可得，抽象动词和具体动词与动词隐喻短语具有显著的语义关联性，并且两者与动词隐喻短语的语义相关程度一致，抽象-控制动词和具体-控制动词与动词隐喻短语无语义关联性，所有材料均符合实验要求。

2.3 实验程序

采用 E-prime2.0 编写实验程序，实验流程如图 1 所示。实验拉丁方设计将同一短语的不同实验处理在被试间平衡。实验材料共分为 4 个 list，被试被随机分配到其中一个 list 中。实验过程中，被试坐在安静的隔音隔间内，眼睛距离电脑屏幕 80cm。首先给被试呈现指导语和 10 个练习试次以熟悉任务和实验环境。实验包括真假词判断任务和再认任务。真假词判断任务中，首先在屏幕中央呈现 300ms 注视点“+”，然后呈现短语 1200ms，间隔 300ms 空屏，空屏结束后出现目标词 1200ms，要求被试尽可能既快又准的判断是否为真词，真词按“F”，假词按“J”。真假词任务完成后，出现指导语，要求被试对之前呈现的短语进行再认。再认任务中短语呈现 1500ms，被试认为先前出现过按“F”键，没有出现过按“J”键。两个任务中的按键在被试间平衡，整个实验过程约 10 分钟。

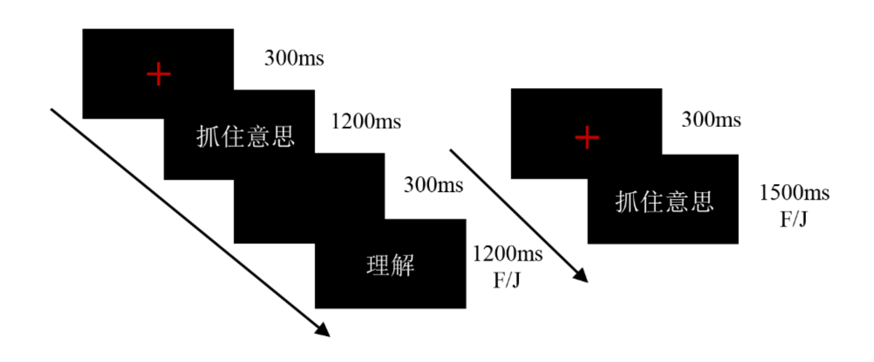


图 1 真假词判断任务（左）和再认任务（右）流程图

2.4 实验结果

实验再认任务的正确率均达到 80%以上，表明被试认真阅读了启动短语。目标词正确率和反应时结果见图 2 和图 3。

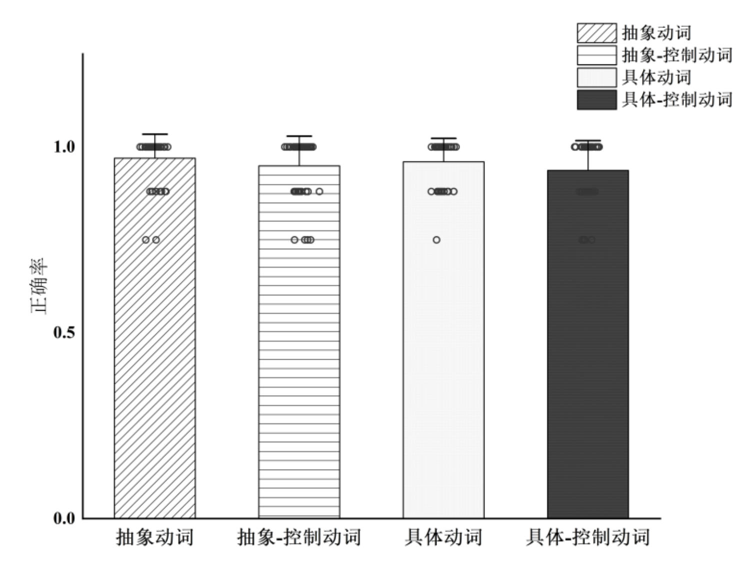


图 2 四种动词类型真假词判断的正确率

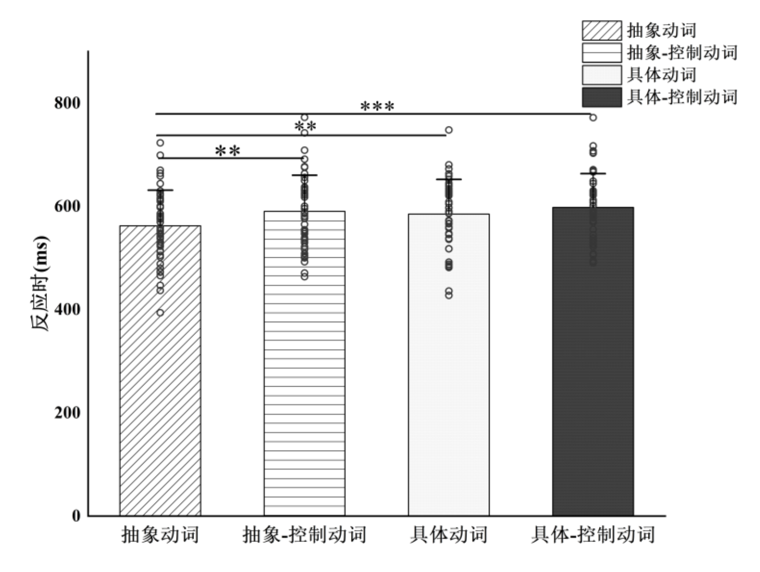


图 3 四种动词类型真假词判断的反应时(ms)

注: 图中的误差棒表示标准误; * p < 0.05, ** p < 0.01, *** p < 0.001, 下同。

重复测量方差分析结果表明，不同实验条件下目标动词的正确率差异不显著，F (3, 141) = 2.00, p = 0.13；不同实验条件下目标动词的反应时差异显著，F (3, 141) = 6.53, p < 0.01, η_p^2 = 0.12)，事后比较发现，抽象动词的反应时显著短于具体动词和控制动词 (ps < 0.01)，具体动词和两类控制词的反应时差异均不显著。

2.5 讨论

实验 1 在短语水平上探讨了动词隐喻加工的内在机制。结果显示，在动词隐喻短语启动下，被试对抽象动词的判断显著快于具体动词和控制词。然而，与语义无关的控制动词相比，动词隐喻的理解并没有促进之后具体动词的反应。实验 1 的结果表明动词隐喻短语理解过程中直接激活了隐喻的抽象表征，而非基于具体动词的感觉运动模拟。导致这一结果的一个可能原因是实验采用的均为高熟悉度的动词隐喻短语。根据具身-抽象混合理论的观点，在熟悉度较高的动词隐喻理解过程中，可以基于抽象语义系统直接提取隐喻义 (Cardillo et al., 2012; Jamrozik et al., 2016; Shen et al., 2015)。

由于实验 1 采用的是启动范式，对抽象动词的判断速度更快也有可能是由于抽象动词与动词隐喻义具有更明显的语义相关，即使动词隐喻加工首先需要激活具体动作语义，但当宾语语义整合到短语中后，最终通达的仍然是具有隐喻含义的抽象语义，从而促进了之后对目标抽象动词的判断反应。一方面，动宾搭配的动词隐喻短语只能在句尾构成隐喻义，另一方面，行为学的启动任务更多反映的是动词隐喻理解的溢出效应。因此，实验 1 的结果无法明确隐喻加工中抽象与具体语义提取的时间进程以及相互联系。基于动宾短语的隐喻加工也难以揭示动词隐喻义的整合时程。在句子语境下，主语和谓语的非常规搭配或谓语与宾语的非常规搭配均能够产生字面语义冲突。当字面语义冲突出现语境的不同位置时，动词隐喻中抽象语义和具体语义的激活存在怎样的差异。据此，实验 2 进一步扩充语境，从句子水平结合 ERP 技术考察动词隐喻理解中具体语义和抽象语义的激活时程。

3 实验 2

实验 2 进一步采用 ERP 技术在句子水平上探讨动词隐喻中具体和抽象语义的激活阶段以及隐喻义的整合过程。通过将动词隐喻句中字面语义冲突设置在不同的时间点，区分出冲突点在谓语阶段的主-谓动词隐喻和冲突点在宾语的动-宾动词隐喻，并在动词呈现和句尾分别进行脑电分析。实验假设，如果动词隐喻的加工机制是结合了字面-具体语义和字面

-抽象语义的神经模式，那么，动词隐喻会引起与字面-具体和字面-抽象句相似的 N400 和 P600/LPC 效应，但 N400 和 P600/LPC 波幅会显著大于字面-具体句和字面-抽象句。其次，如果动词隐喻义的整合是随着语义的展开而即时进行的，那么，在谓语动词阶段，主-谓动词隐喻比动-宾动词隐喻诱发更大的 N400 和 P600/LPC 波幅，而在宾语时两者的 N400 和 P600/LPC 波幅差异不显著。

3.1 被试

基于相关研究报告的效果量及期望功效值(0.8)，采用 G*Power3.1 软件，计算被试量为 24 人。共招募 40 名母语为汉语的在校大学生参与实验，其中 2 名被试因为脑电数据伪迹太多(> 10% of rejected trials)或反应错误率较高（> 10%）而剔除，剩余 38 名被试中女生 21 名，男生 17 名，年龄 18-26 岁（平均年龄 20 岁）。所有被试均为右利手，视力或矫正视力正常。据自我报告，所有被试均无语言障碍、神经障碍或任何严重的头部损伤。被试在实验前均签署知情同意书，且实验结束获得适量报酬。

3.2 实验设计和材料

采用单因素被试内设计。自变量为句子类型，包括主-谓动词隐喻句、动-宾动词隐喻句、字面-抽象句和字面-具体句四个水平，因变量为：（1）动词诱发的 N400 和 P600/LPC（2）宾语诱发的 N400 和 P600/LPC。

原始材料选自 BCC(北京语言大学语料库中心) 和 CCL(北京大学现代汉语语料库)语料库。实验材料共分为四个条件：主-谓冲突构成的动词隐喻句、谓-宾冲突构成的动词隐喻句、字面-抽象句和字面-具体句。对于语料库中非主谓宾（subject-verb-object SVO）结构的句子进行改编，统一编写为主谓宾结构（NP_1+V+NP_2），材料示例如表 2。

表 2 实验 2 材料举例

句子类型	样例
主-谓动词隐喻	公司 / 抓住 / 机会
动-宾动词隐喻	老板 / 抓住 / 机会
字面-抽象	公司 / 获得 / 机会
字面-具体	小哲 / 抓住 / 绳子

首先对实验材料进行评定与筛选。招募 240 名不参与正式实验的大学生对最初编写的 400 个句子（每种条件各 80 个）的可接受度、熟悉度和理解度进行 5 级评分（1= 完全可以接受/ 非常熟悉/ 完全理解，5= 完全不能接受/ 非常不熟悉/ 完全不理解）。

根据评定结果选取 100 个句子作为正式实验材料，每种实验条件各 25 个，四种实验句

子在可接受度、熟悉度和可理解度上的得分均大于 3 分。另招募 32 名未参与评定实验和正式实验的被试对筛选后的实验材料进行句子理解任务。实验材料逐词呈现在电脑屏幕上，每个句子结束时要求被试快速准确做出句子是否有意义的判断。结果表明，被试对四种实验句子理解的反应时差异不显著，F (3, 93) = 1.76，p = 0.16)，即各实验条件句子都是高度可接受、可理解的。另选取 25 个无意义句作为填充材料，无意义句在各个维度上的得分均小于 3 分。

3.3 实验程序

采用 E-prime2.0 编写实验程序，实验流程如下图所示。实验采用逐词呈现的句子阅读范式，使用拉丁方方法使不同实验处理在被试间平衡。被试坐在安静的隔音隔间内，眼睛距离电脑屏幕 80cm。首先给被试呈现指导语和 10 个练习试次。正式实验中，每个试次开始呈现 500ms 中央注视点“+”，接着句子逐词呈现，每个词呈现 500ms，词与词之间相隔 500ms 空屏，句末词后有“。”相连，表明句子结束。为保证被试认真参与实验，抽取实验材料 40%的句子设置句子理解任务，并在实验过程中随机出现。当句子结束后呈现“？”，要求被试快速判断之前呈现的句子是否有意义。有意义按“F”，无意义按“J”，“F”和“J”在被试间得到平衡。“？”在被试结束判断之后或者在被试未反应情况下 1200ms 后消失，下一个刺激开始。整个实验共 5 个 block，每个 block 有 25 个实验材料，两个连续的 block 会有 2 分钟的休息时间，除去准备时间，整个实验过程约 15 分钟。

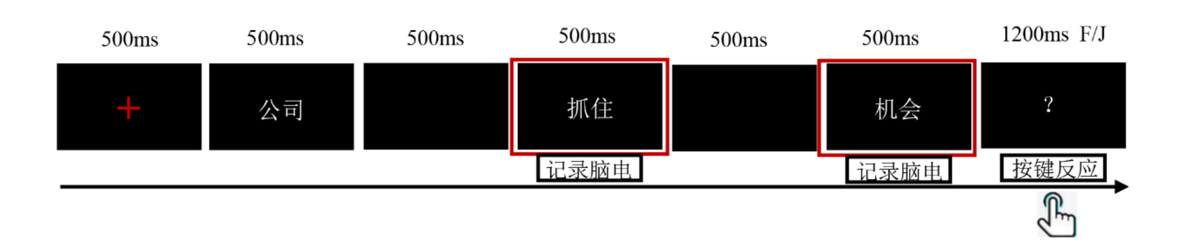


图 4 ERP 实验语义判断任务流程图

3.4 脑电记录参数

使用 Neuroscan 公司生产的 64 导脑电记录系统（10-20 系统）进行采集，左、右侧乳突为参考电极，额头中央连接接地电极。位于左眼上下眼眶正中间的电极记录垂直眼电(VEOG)，位于左右眼角两侧外 2cm 处的电极记录水平眼电(HEOG)。每个电极与头皮之间的阻抗小于 5 kΩ。连续记录时滤波带通为 0.01~100 Hz，采样率为 1000 Hz。

采用 MATLAB 中的 EEGLAB 和 ERPLAB 工具箱对数据进行预处理。选择双侧乳突电极进行重参考。去除直流漂移，带通滤波为 0.01~30HZ，按照刺激呈现前 200ms 和呈现后

800ms 的时间段对脑电进行分段，前 200ms 作为基线进行校正，并对每个被试的脑电数据进行独立成分分析（ICA），删除眨眼、肌电等伪迹，删除波幅超过±100μV 的试次。

3.5 脑电数据处理与分析

依据实验目的、总共平均波形和相关文献（Lai et al., 2019; Ji et al., 2020），确定 N400 时间窗（380ms-500ms）和 P600/LPC 时间窗（670ms-770ms），选取 F3、FZ、F4、C3、CZ、C4、P3、PZ、P4 九个电极点，分别对动词和宾语的 N400 和 P600/LPC 的平均波幅进行 4（句子类型：主-谓动词隐喻句、动-宾动词隐喻句、字面-抽象句、字面-具体句）×3（前后脑区：额区、中央区、顶区）×3（半球：左、中、右）重复测量方差分析。当重复测量方差分析中球形性假设不成立时，所有主效应和交互作用的 p 值均采用 Greenhouse-Geisser 法校正，事后配对比较采用 Bonferroni 法校正。

3.6 结果

句子理解任务的平均正确率为 88.5%（SD = 10.5%），表明被试认真参与了实验。

1） 谓语动词加工阶段

为考察动词隐喻加工中动词具体语义和抽象语义的激活时间，对谓语动词呈现时的 N400 和 P600/LPC 进行分析。

（a）N400 成分

对谓语动词诱发的 N400 平均波幅进行重复测量方差分析，结果表明：句子类型主效应显著，F (3, 111) = 3.38, p = 0.02, η_p^2 = 0.08，进一步分析可得，动-宾动词隐喻句比主-谓动词隐喻句和字面-抽象句诱发更负的 N400 (ps < 0.05)，动-宾动词隐喻句和字面-具体句 N400 效应差异不显著。前后脑区主效应显著，F (2, 74) = 63.08, p < 0.001, η_p^2 = 0.63。在额区，中央区，顶区 N400 平均波幅依次减小(ps < 0.05)。半球主效应显著，F (2, 74) = 17.64, p < 0.001, η_p^2 = 0.32，在大脑中部相比于左半球和右半球诱发更负的 N400。句子类型×前后脑区交互作用不显著，句子类型×半球交互作用不显著，句子类型×前后脑区×半球交互作用不显著（见图 5、6）。

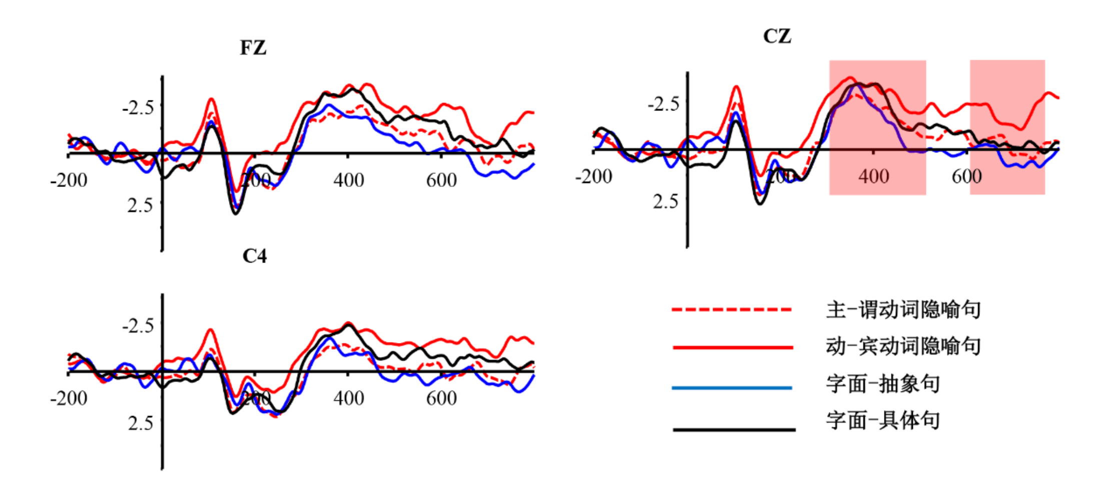


图 5 谓语动词所选电极的 ERP 波形

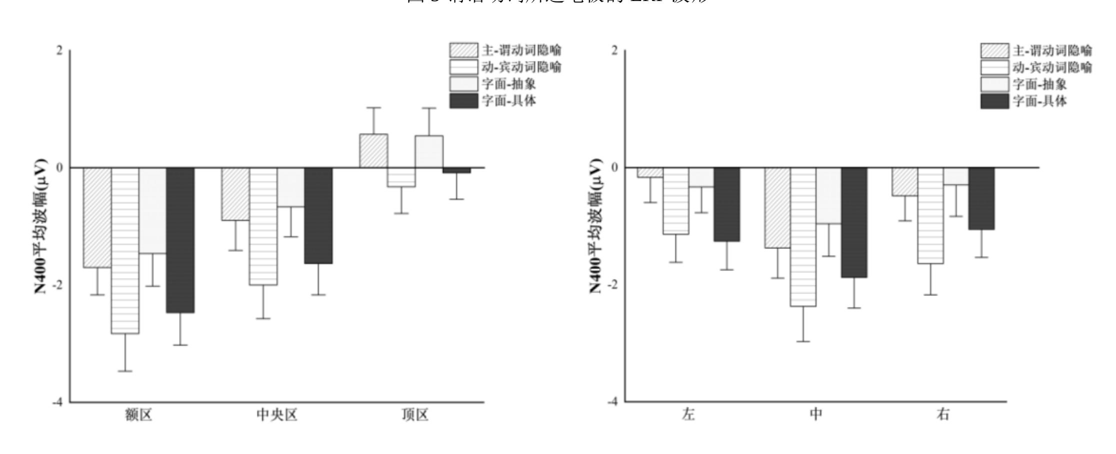


图 6 不同实验条件在不同脑区诱发的 N400 平均波幅(μV)

（b）P600/LPC 成分

对谓语动词诱发的 P600/LPC 平均波幅进行重复测量方差分析表明：句子类型主效应显著，F (3,111) = 4.04, p = 0.01, η_p^2 = 0.10。主-谓动词隐喻句和字面-抽象句比动-宾动词隐喻句诱发更正的 P600/LPC，主-谓动词隐喻句和字面-抽象句差异不显著，动-宾动词隐喻句和字面-具体句差异不显著。前后脑区和大脑半球主效应不显著。句子类型×前后脑区交互作用不显著。句子类型×半球交互作用显著，F (6, 222) = 2.51, p = 0.02, η_p^2 = 0.06。简单效应分析得，在大脑左半球、中部和右半球，主-谓动词隐喻句和字面-抽象句比动-宾动词隐喻句诱发更正的 P600/LPC（见图 7）。

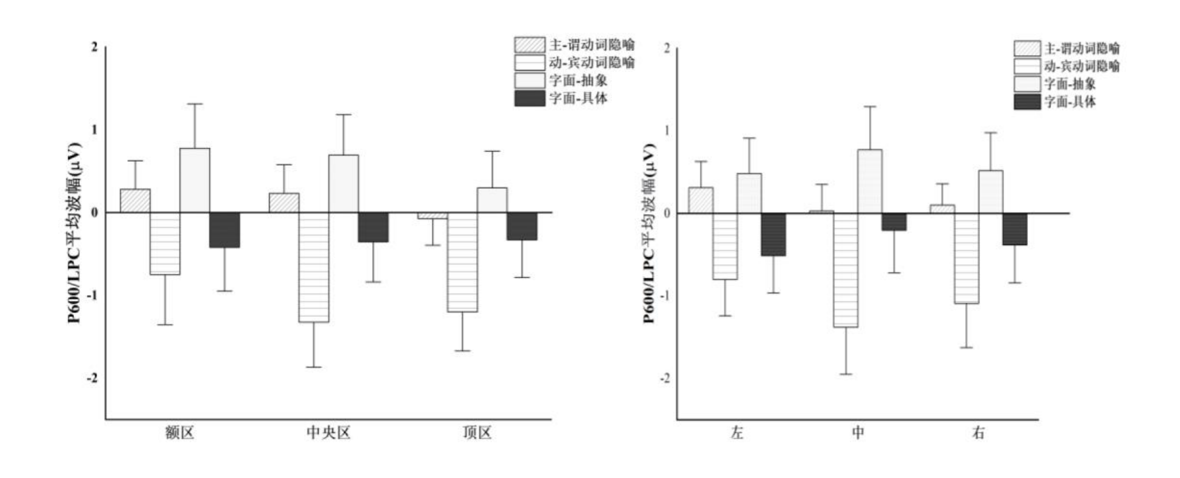


图 7 不同实验条件在不同脑区诱发的 P600/LPC 平均波幅(μV)

2) 宾语—最终语义整合阶段

为考察隐喻语义整合的时间进程，对宾语呈现时的 N400 和 P600/LPC 平均波幅进行分析。

（a）N400 成分

对宾语诱发的 N400 成分进行重复测量方差分析表明：句子类型主效应显著，F (3, 111) = 3.41, p = 0.02, η_p^2 = 0.09。事后比较得，字面-具体句比动-宾动词隐喻句诱发更负的 N400（$p < 0.05$），字面-具体句比主-谓动词隐喻和字面-抽象句诱发的 N400 平均波幅更大，但差异不显著，主-谓动词隐喻和动-宾动词隐喻差异不显著。前后脑区主效应显著，F (2, 74) = 27.12, p < 0.001, η_p^2 = 0.42)。事后比较得，在额区、中央区、顶区 N400 平均波幅依次减小。大脑半球主效应显著，F (2, 74) = 15.43, p < 0.001, η_p^2 = 0.29。事后比较得，在中部脑区引起更大的 N400 效应，左半球和中部脑区比右半球诱发更负的 N400（ps < 0.05）。句子类型×前后脑区交互效应显著，F (6, 222) = 3.27, p = 0.004, η_p^2 = 0.08。简单效应分析得，在额区和中央区字面-具体句诱发了更负的 N400，句子类型×大脑半球交互效应显著，F (6, 222) = 2.95, p = 0.01, η_p^2 = 0.07。简单效应分析得，在中部位置和右半球字面-具体句诱发了更负的 N400（ps < 0.05）。句子类型×前后脑区×大脑半球三阶交互作用不显著（见图 8、9）。

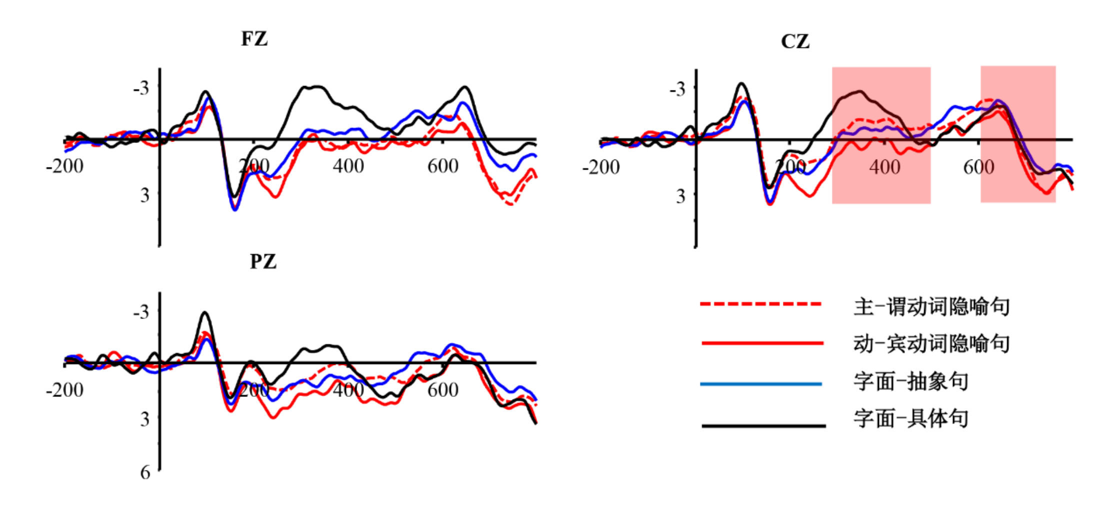


图 8 宾语所选电极的 ERP 波形

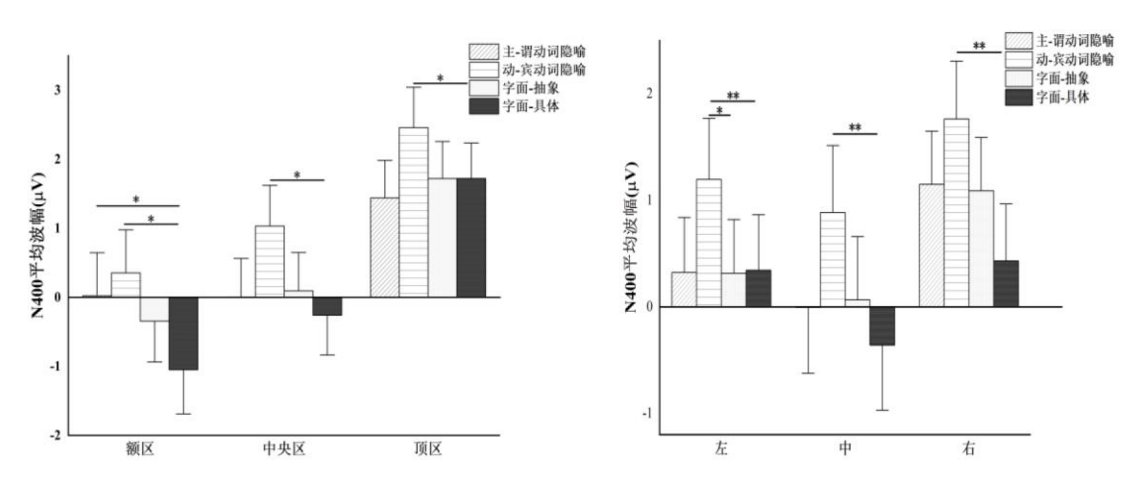


图 9 不同实验条件在不同脑区诱发的 N400 平均波幅(μV)

（b）P600/LPC 成分

对宾语诱发的 P600/LPC 平均波幅进行重复测量方差分析表明：句子类型主效应显著，F (3, 111) = 3.20, p = 0.03, η_p^2 = 0.08。事后比较得，主-谓动词隐喻句比字面-抽象句诱发更正的 P600/LPC，动-宾动词隐喻句比字面-具体句诱发更正的 P600/LPC，主-谓动词隐喻句和动-宾动词隐喻句诱发的 P600/LPC 效应差异不显著。大脑半球主效应显著，F (2, 74) = 7.29, p = 0.001, η_p^2 = 0.17。事后比较得，大脑中部诱发更正的 P600/LPC。大脑前后脑区主效应不显著。句子类型×前后脑区交互作用显著，F (6, 222) = 5.25, p < 0.001, η_p^2 = 0.12。简单效应分析得，在大脑额区，主-谓动词隐喻句和动-宾动词隐喻比字面-具体句和字面-抽象句诱发更正的 P600/LPC（ps < 0.05）。句子类型×前后脑区交互作用不显著。句子类型×前后脑区×大脑半球三阶交互作用不显著（见图 10）。

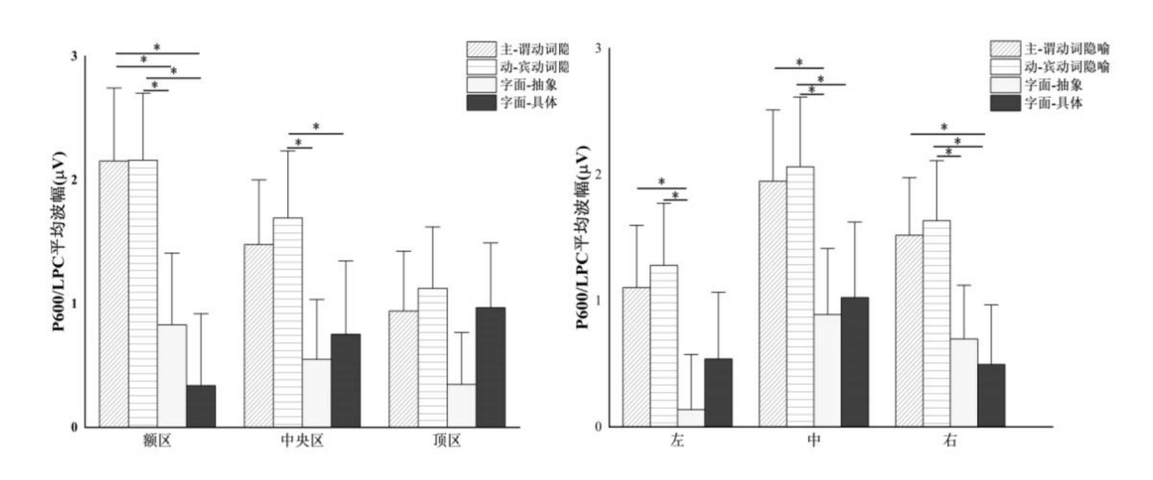


图 10 不同实验条 件在不同脑区诱发的 P600/LPC 平均波幅(μV)

3.7 讨论

实验 2 从句子水平并结合 ERP 技术探讨动词隐喻加工的内在机制及时间进程。结果发现，当谓语动词呈现时，包含动作动词的句子均诱发了 N400 效应。并且，动-宾动词隐喻句与字面-具体句更为接近，均比字面-抽象句诱发更负的 N400。在 P600/LPC 成分上，主-谓动词隐喻句与字面-抽象句更为接近，比动-宾动词隐喻句诱发了更正的 P600/LPC。当宾语呈现时，动-宾动词隐喻句比字面-具体句诱发更正的 P600/LPC，主-谓冲突动词隐喻句比字面-抽象句诱发更正的 P600/LPC，而两类动词隐喻句的 N400 和 P600/LPC 效应差异不显著。结果表明，在动词隐喻的动词加工阶段，动-宾隐喻更多的激活具体语义，主-谓隐喻更多的激活字面-抽象语义，并结合语境对语义进行了更多的重分析和整合。在句尾整合阶段，两类动词隐喻均结合语境对句义进行再次分析和整合，并最终通达隐喻义。

4 总讨论

研究为明确动词隐喻加工中具体语义与抽象语义的激活及其相互作用，采用行为学实验结合 ERP 技术，通过两个实验考察汉语动词隐喻理解的加工机制及时间进程。实验 1 发现，动词隐喻短语的理解促进了抽象动词的加工速度，表明动词隐喻意义的通达是建立在抽象语义激活的基础上。实验 2 进一步对比了动词隐喻句与具体和抽象句加工的时间进程，并发现主-谓动词隐喻中语义的激活和整合过程与抽象语义加工相似，而动-宾动词隐喻句则于字面-具体语义的加工过程更为一致。并且，主-谓动词隐喻在动词呈现时就已经对抽象的隐喻义进行了初步加工，并在句尾完全整合到句义当中。

4.1 动词隐喻中具体和抽象语义的激活

实验 1 发现，在动词隐喻短语启动下，与隐喻语义相关的抽象动词的反应时显著短于

具体动词和语义无关的控制词。与此类似，Al-Azary 和 Katz (2021)采用词汇启动范式同样发现，与隐喻语义相关的具体词和抽象词均比控制词的判断反应时更短，表明动词隐喻的理解促进了对抽象动词的反应，即动词隐喻的加工存在抽象语义的激活。同时，实验 1 并没有发现具体动词的反应时显著短于控制词，即动词隐喻的理解未能促进具体动词的反应。先前研究发现，与隐喻义相匹配的抽象语义启动能够促进对隐喻的理解，并认为常规隐喻更倾向于直接提取隐喻的抽象语义，较少涉及感知运动系统的参与(Feng et al., 2021)。然而，实验 1 并不能否定动词隐喻加工基于感觉运动系统。实验 2 进一步采用 ERP 技术对动词隐喻句、字面-具体句和字面-抽象句脑电成分的变化进行比较。结果发现，在谓语动词阶段，动-宾动词隐喻和字面-具体句的 N400 平均波幅差异不显著，均显著大于主-谓动词隐喻句。而主-谓动词隐喻句和字面-抽象句的 P600/LPC 平均波幅差异不显著，均显著大于动-宾动词隐喻。实验 2 的结果延伸了实验 1 的发现，当隐喻中动词出现时会诱发与抽象句相似的 P600/LPC 效应，表明高熟悉度的动词隐喻是基于抽象语义加工系统直接提取隐喻义。

近期研究发现，大脑对动词隐喻义的加工是结合了字面-具体语义和抽象语义的神经模式，感觉运动系统和抽象语义加工系统的参与是动态变化的过程(Cardillo et al., 2017)。基于已有研究，当前研究进一步对比了主-谓动词隐喻和动-宾动词隐喻加工中具体语义和抽象语义的激活。当谓语动词出现时，动-宾动词隐喻句诱发的 N400 与字面-具体句更为接近，均比主-谓动词隐喻句和字面-抽象句的 N400 更负。而在 P600/LPC 成份上，主-谓动词隐喻句与字面-抽象句更为接近，比动-宾动词隐喻句的波幅更大。Holcomb 等人（1999）认为，N400 效应不仅与语义加工有关，而且感知运动的模拟和心理成象也会引起 N400 效应。尽管隐喻句和具体字面句包含相同的具体动作动词，但当个体加工动-宾隐喻句的动词时尚未构成字面语义的冲突，因此首先激活了动词具体语义。与此不同，主-谓动词隐喻在谓语动词阶段则产生了字面语义冲突，个体需要对主语和谓语进行再次分析，并选择合理的抽象语义即隐喻义。动-宾动词隐喻句在动词加工阶段更多的和动词字面-具体语义一致，依赖于感知运动模拟，而主-谓动词隐喻句则更多激活抽象语义，从长时记忆中直接提取隐喻的抽象义。

研究进一步发现，所有包含动词的句子在谓语阶段均诱发了 N400 效应。这一结果与以往发现一致，说明在动词早期加工阶段伴随有感知运动系统的激活(Ji et al., 2020; Lai et al., 2019)。研究初期假设，由于主-谓动词隐喻中主语的无生命主体与动作动词搭配时会产生字面语义冲突，从而诱发更大的 N400 波幅。然而与假设不同的是，结果发现动-宾动词

隐喻比主-谓动词隐喻的 N400 波幅更大。De Grauwe 等人(2010)提出，N400 成分标志着激活关键词语义的加工过程，这一过程受关键词的具体和抽象属性以及语境的影响，也就是说 N400 标志着关键词语义的激活和选择的过程。因此，当前研究结果的可能原因是，动-宾动词隐喻的语义冲突点在句尾才出现，因此在动词呈现阶段会伴随更多可能性，使得动-宾动词隐喻能够激活更广泛的语义。而主-谓隐喻中动词一旦出现即造成字面语义的冲突，在有限语境下更有可能提取其抽象隐喻义。因此，动-宾动词隐喻的加工激活了动词的具体动作语义，感知运动系统的激活程度更高，并伴随明显的 N400 效应。

实验 2 通过对比两类动词隐喻以及对应的字面-具体语义和字面-抽象语义的加工，研究结果支持了具体-抽象混合模型，即隐喻语义的加工机制是结合了字面-具体语义和抽象语义激活的神经模式(Al-Azary & Katz, 2021)。动词隐喻并非完全基于感觉运动模拟，抽象语义也会激活。并且具体和抽象语义激活时程会受到字面语义冲突时间点的调节。

4.2 动词隐喻义通达的时间进程

尽管谓语动词加工阶段的脑电活动表明，动词隐喻中具体和抽象语义均会激活，但句子的语义在动词阶段仍然是开放性的，句义并未完全整合。尤其是对于动-宾动词隐喻句，只有当宾语出现时才构成字面语义冲突产生隐喻义。因此，实验 2 进一步分析了句义完全整合时宾语诱发的脑电成分的变化。

研究结果发现，在宾语呈现时，主-谓动词隐喻句比字面-抽象句诱发了更正的 P600/LPC，动-宾动词隐喻比字面-具体句诱发更正的 P600/LPC，而两类动词隐喻的 N400 和 P600/LPC 效应均无显著差异。当宾语呈现时，由于主-谓动词隐喻和动-宾动词隐喻中动词与宾语均产生了字面语义冲突，两类动词隐喻都需要结合语境对句义进行重分析和整合，因此比字面句的加工涉及更多的认知资源(Yang et al., 2013; 李骋诗 等, 2020)。动-宾动词隐喻句在宾语呈现时构成了与动词的字面语义冲突，需要对句子语义进行再分析和整合，产生了明显的 P600/LPC 效应(Ji et al., 2020)。主-谓动词隐喻在谓语动词阶段已激活了动词的抽象语义对隐喻义进行初步整合，语义的加工仍会随着句子语境的展开一直持续到句末，抽象语义的预激活减弱了句尾处对于语义整合的谓语和宾语冲突的再分析和整合的处理，但此阶段动词的具体动作语义也是激活的，在宾语出现时才会出现字面语义冲突，而重新整合先前的语境，因此表现出与谓-宾隐喻相似的 P600/LPC 效应，也反映出动词隐喻义的加工是随着语义的展开即时进行的，即当字面语义冲突产生时，便可以根据语境通过抽象语义加工系统提取和整合隐喻义(Frenzel et al., 2011)。

除了分析 P600/LPC 成分，研究也分析了宾语诱发的 N400。首先，两类动词隐喻的 N400 效应并没有出现差异，表明两种隐喻都是高度可理解的。尽管主-谓动词隐喻在宾语阶段也会出现字面语义冲突，但正如上一部分所讨论的，动词出现时抽象语义已经激活，因此能够与宾语进行即时的语义整合。进一步表明了隐喻意义加工是随着语义展开不断进行的。此外，研究还发现了在大脑额叶和中央区域字面-具体句出现了更明显的 N400 效应。导致这一结果的可能原因是具体性效应或心理成象性(Forgacs et al., 2015; Schmidt-Snoek et al., 2015; Weiland et al., 2014)。首先，由于 N400 与感知运动的模拟和心理成象相关(Holcomb et al., 1999)，语义的具体性也会对 N400 效应产生影响，也有研究发现，具体名词往往比抽象名词诱发更大的 N400(Adorni & Proverbio, 2012; Barber et al., 2013; Kanske & Kotz, 2007; West & Holcomb, 2000; 罗文波, 齐正阳, 2022)。当前研究中只有字面-具体句的宾语为具体名词，而其它三种句子的宾语均为抽象名词，具体词比抽象词激活更强的模态特征和形象性，这可能导致字面-具体句的宾语相对于其它三种句子诱发更显著的具体性 N400 效应。其次，具体词的加工会激活脑皮层网络的多模态特征，因此具体词在大脑额叶和中央区域产生了更大的具体性 N400 效应(Barber et al., 2013)。当前结果发现的 N400 效应具有额叶和中央区域的分布，这也可以解释为具体词相对于抽象词有更强的多模态特征激活。

研究通过分析语义加工的不同时间点的语义激活与整合表明，动词隐喻理解中隐喻义是随着语义的展开即时整合的，冲突的时间点会影响隐喻中具体和抽象语义的激活时程。并且 N400 除了反映语义违反，还可能与语义的具体性与预测性有关。

5 结论

动词隐喻语义的加工机制是结合了字面-具体语义和字面-抽象语义的神经模式，但比加工字面-具体语义和纯字面抽象语义涉及更多的认知资源。其次，动词隐喻的加工是一个渐进变化的动态过程，在不同的加工阶段会根据于语义的展开即时激活具体和抽象语义，促进隐喻义的提取和整合。

参 考 文 献

Adorni, R., & Proverbio, A. M. (2012). The neural manifestation of the word concreteness effect: An electrical neuroimaging study. *Neuropsychologia, 50*(5), 880-891.

Al-Azary, H., & Katz, A. N. (2021). Do metaphorical sharks bite? Simulation and abstraction in metaphor processing. *Memory & Cognition, 49*(3), 557-570.

Aziz-Zadeh, L., Wilson, S. M., Rizzolatti, G., & Iacoboni, M. (2006). Congruent embodied representations for visually presented actions and linguistic phrases describing actions. *Current biology, 16*(18), 1818-1823.

Barber, H. A., Otten, L. J., Kousta, S. T., & Vigliocco, G. (2013). Concreteness in word processing: ERP and behavioral effects in a lexical decision task. *Brain and language, 125*(1), 47-53.

Barsalou, L. W., Simmons, W. K., Barbey, A. K., & Wilson, C. D. (2003). Grounding conceptual knowledge in modality-specific systems. *Trends in cognitive sciences, 7*(2), 84-91.

Benedek, M., Beaty, R., Jauk, E., Koschutnig, K., Fink, A., Silvia, P. J., & Neubauer, A. C. (2014). Creating metaphors: The neural basis of figurative language production. *NeuroImage, 90*(100), 99-106.

Boulenger, V., Hauk, O., & Pulvermüller, F. (2009). Grasping ideas with the motor system: semantic somatotopy in idiom comprehension. *Cerebral cortex, 19*(8), 1905-1914.

Boulenger, V., Shtyrov, Y., & Pulvermüller, F. (2012). When do you grasp the idea? MEG evidence for instantaneous idiom understanding. *Neuroimage, 59*(4), 3502-3513.

Cacciari, C., Bolognini, N., Senna, I., Pellicciari, M. C., Miniussi, C., & Papagno, C. (2011). Literal, fictive and metaphorical motion sentences preserve the motion component of the verb: a TMS study. *Brain and language, 119*(3), 149-157.

Cardillo, E. R., Watson, C., & Chatterjee, A. (2017). Stimulus needs are a moving target: 240 additional matched literal and metaphorical sentences for testing neural hypotheses about metaphor. *Behavior research methods, 49*(2), 471-483.

Chatterjee, A. (2010). Disembodying cognition. *Language and cognition, 2*(1), 79-116.

De Grauwe, S., Swain, A., Holcomb, P. J., Ditman, T., & Kuperberg, G. R. (2010). Electrophysiological insights into the processing of nominal metaphors. *Neuropsychologia, 48*(7), 1965-1984.

Desai, R. H., Binder, J. R., Conant, L. L., Mano, Q. R., & Seidenberg, M. S. (2011). The neural career of sensory-motor metaphors. *Journal of cognitive neuroscience, 23*(9), 2376-2386.

Desai, R. H., Conant, L. L., Binder, J. R., Park, H., & Seidenberg, M. S. (2013). A piece of the action: modulation of sensory-motor regions by action idioms and metaphors. *NeuroImage, 83*, 862-869.

Faust, M. (2012). Thinking outside the left box: the role of the right hemisphere in novel metaphor comprehension. *Advances in the neural substrates of language: Toward a synthesis of basic science and clinical research*, 425-448.

Feng, Y., & Zhou, R. (2021). Does Embodiment of Verbs Influence Predicate Metaphors in a Second Language? Evidence from Picture Priming. F*rontiers in psychology, 12,* 5036.

Forgács, B., Bardolph, M. D., Amsel, B. D., DeLong, K. A., & Kutas, M. (2015). Metaphors are physical and abstract: ERPs to metaphorically modified nouns resemble ERPs to abstract language. *Frontiers in Human Neuroscience, 9,* 28.

Frenzel, S., Schlesewsky, M., & Bornkessel-Schlesewsky, I. (2011). Conflicts in language processing: A new perspective on the N400–P600 distinction. *Neuropsychologia, 49*(3), 574-579.

Gentner, D., & France, I. M. (1988). The verb mutability effect: Studies of the combinatorial semantics of nouns and verbs. *In Lexical ambiguity resolution* (pp. 343-382). Morgan Kaufmann.

Guo, J. J., & Zhao, J. C. (2017). The Influence of Semantic Familiarity on Metaphorical and Literal Meanings' Access in Sentence Processing. *Journal of Psychological Science, 40*（6）, 1302-1308.

[郭晶晶, 赵婧超. (2017). 熟悉性对汉语隐喻义与本义加工机制的影响. *心理科学, 40*（6）, 1302-1308.]

Holcomb, P. J., Kounios, J., Anderson, J. E., & West, W. C. (1999). Dual-coding, context-availability, and concreteness effects in sentence

comprehension: an electrophysiological investigation. *Journal of Experimental Psychology: Learning, Memory, and Cognition, 25*(3), 721.

Horoufchin, H., Bzdok, D., Buccino, G., Borghi, A. M., & Binkofski, F. (2018). Action and object words are differentially anchored in the sensory motor system-A perspective on cognitive embodiment. *Scientific reports, 8*(1), 1-11.

Jamrozik, A., McQuire, M., Cardillo, E. R., & Chatterjee, A. (2016). Metaphor: Bridging embodiment to abstraction. *Psychonomic bulletin & review, 23*(4), 1080-1089.

Ji, H., Qi, S., Xu, S., Chen, J., Dai, D. Y., Li, Y., & Hu, W. (2020). The role of animacy in metaphor processing of Mandarin Chinese: An Event-Related Potential (ERP) study. *Journal of Neurolinguistics, 56*.

Kanske, P., & Kotz, S. A. (2007). Concreteness in emotional words: ERP evidence from a hemifield study. *Brain research, 1148*, 138-148.

Lai, V. T., Howerton, O., & Desai, R. H. (2019). Concrete processing of action metaphors: Evidence from ERP. *Brain research, 1714*, 202-209.

Lauro, L. J. R., Mattavelli, G., Papagno, C., & Tettamanti, M. (2013). She runs, the road runs, my mind runs, bad blood runs between us: Literal and figurative motion verbs: An fMRI study. *NeuroImage, 83*, 361-371.

Li, C. C., Bai, X. J., & Wang, Y. S. (2020). The Influence of Mapping Concreteness and Contextual Clues on Novel Metaphor Processing. *Studies of Psychology and Behavior, 18*(2), 153-160.

[李骋诗, 白学军, 王永胜. (2020). 映射具体性和语境线索对新颖隐喻加工的影响. *心理与行为研究, 18*(2), 153-160.]

Luo, W. B., & Qi, Z. Y. (2022). The influence of concreteness on emotional nouns valence processing: An ERP study. *Acta Psychologica Sinica, 54*(2), 111-121.

[罗文波, 齐正阳. (2022). 词汇具体性对情绪名词效价加工影响的 ERP 研究. *心理学报, 54*(2), 111-121.]

Obert, A., Gierski, F., & Caillies, S. (2018). He catapulted his words from the dais: An ERP investigation of novel verbal metaphors. *Journal of Neurolinguistics, 47*, 59-70.

QU, F. B., Yin, R., Zhong, Y., & YE, H. S. (2012). Motor perception in language comprehension: Perspective from embodied cognition. *Advances in Psychological Science, 20*(6), 834.

Raposo, A., Moss, H. E., Stamatakis, E. A., & Tyler, L. K. (2009). Modulation of motor and premotor cortices by actions, action words and action sentences. *Neuropsychologia, 47*(2), 388-396.

Richardson, D. C., Spivey, M. J., Barsalou, L. W., & McRae, K. (2003). Spatial representations activated during real-time comprehension of verbs. *Cognitive science, 27*(5), 767-780.

Rutter, B., Kröger, S., Hill, H., Windmann, S., Hermann, C., & Abraham, A. (2012). Can clouds dance? Part 2: An ERP investigation of passive conceptual expansion. *Brain and Cognition, 80*(3), 301-310.

Schmidt-Snoek, G. L., Drew, A. R., Barile, E. C., & Agauas, S. J. (2015). Auditory and motion metaphors have different scalp distributions: an ERP study. *Frontiers in human neuroscience, 9*, 126.

Semino, E., & Steen, G. (2008). Metaphor in literature. *The Cambridge handbook of metaphor and thought, 6*, 57-70.

Shen, Z. Y., Tsai, Y. T., & Lee, C. L. (2015). Joint influence of metaphor familiarity and mental imagery ability on action metaphor comprehension: An event-related potential study. *Language and Linguistics, 16*(4), 615-637.

Wang, B., Li, Z. R., Wu, M. L., & Zhang, J. J. (2019) Effects of embodied simulation on understanding Chinese body action verbs. *Acta Psychologica Sinica, 51*(12), 1291-1305.

[王斌, 李智睿, 伍丽梅, 张积家. (2019). 具身模拟在汉语肢体动作动词理解中的作用. *心理学报. 51*(12), 1291-1305.]

Wang, J. Y., Ye, H. S., & Su, D. Q. (2018) The Correlativity of Action and Sematic Processing:Perspect of Embodied Metaphor. *PSYCHOLOGICAL EXPLORATION, 38*(1), 15-19.

[王继瑛, 叶浩生, 苏得权. (2018). 身体动作与语义加工:具身隐喻的视角. *心理学探新, 38*(1), 15-19.]

Weiland, H., Bambini, V., & Schumacher, P. B. (2014). The role of literal meaning in figurative language comprehension: Evidence from masked priming ERP. *Frontiers in Human Neuroscience, 8*, 583.

West, W. C., & Holcomb, P. J. (2000). Imaginal, semantic, and surface-level processing of concrete and abstract words: an electrophysiological investigation. *Journal of Cognitive Neuroscience, 12*(6), 1024-1037.

Wilson, N. L., & Gibbs Jr, R. W. (2007). Real and imagined body movement primes metaphor comprehension. *Cognitive science, 31*(4), 721-731.

Winkielman, P., Coulson, S., & Niedenthal, P. (2018). Dynamic grounding of emotion concepts. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences, 373*(1752).

Wu, H., Tang, H., Ge, Y., Yang, S., Mai, X., Luo, Y. J., & Liu, C. (2017). Object words modulate the activity of the mirror neuron system during action imitation. *Brain and behavior, 7*(11), e00840.

Wu, N. Y., Chen, J. Q., Ju, Y., & Ma, Z. F. (2012). The Time-Course of Metaphor Comprehension in Chinese: An Event-Related Potential Study. *Journal of Psychological Science, 35*(4), 811-816.

[吴念阳, 陈俊卿, 居银, 白洁, 马子凤. (2012). 汉语隐喻理解时程的 ERPs 研究. *心理科学, 35*(4), 811-816.]

Yang, F. P. G., Bradley, K., Huq, M., Wu, D. L., & Krawczyk, D. C. (2013). Contextual effects on conceptual blending in metaphors: An event-related potential study. *Journal of Neurolinguistics, 26*(2), 312-326.

YIN, R., SU, D., & YE, H. (2013). Conceptual metaphor theory: basing on theories of embodied cognition. *Advances in Psychological Science, 21*(2), 220.

Zheng, W. Q., Liu, Y.,& Fu, X. L. (2018). Cognitive and Neural Mechanisms of Sensory-motor System's Role in Metaphor Comprehension. *Progress in Biochemistry and Biophysics, 4*5(3), 325-335.

[郑玮琦, 刘烨, 傅小兰. (2018). 感觉-运动系统参与隐喻理解的认知神经机制. *生物化学与生物物理进展,* *45*(3), 325-335.]

The processing and integration timing of verbal metaphors—Evidence from behavior and ERP

Li Ying[1] Lu Xiaoxiao[1] Li Xinyan[2] Wang Yue[1]*

[1](Department of Psychology, Zhengzhou University, Zhengzhou, 450001, China)

[2](Zhengzhou Business University, Zhengzhou 450001 China)

Abstract

The embodied semantic view of metaphors holds that the processing of verbal metaphors relies on sensorimotor simulation, as the verbal metaphors are grounded in the physical body and sensorimotor system. However, in the psycholinguistic literature on this topic, the dominant assumption is that metaphorical representation is processed as abstractions rather than concrete representations. Abstractions are conceptual representations that are less specified than their literal-concrete counterparts. In recent years, some studies have proven that besides sensorimotor simulation, the comprehension of verbal metaphors also requires semantic abstraction. But the interaction between simulation and abstraction, as well as the time course of metaphorical meaning integration, is not well understood. This study aimed to investigate whether embodiment or abstraction, or both, are employed in the processing of verbal metaphor, and the time course of metaphorical meaning integration. We assume that besides sensorimotor simulation, the comprehension of verbal metaphors also requires semantic abstraction, and the semantic integration of verbal metaphors occurs immediately with the unfolding of sentence meaning. To test the above hypothesis, we employed behavioral and ERP technology to explore at phrase level and sentence level respectively.

Experiment 1: The purpose is to explore whether the literal - concrete and literal - abstract meanings will be activated by the processing of verbal metaphor from the perspective of phrases. Verbal metaphorical phrases, abstract verbs, abstract-control verbs, concrete verbs and concrete-control verbs were used as experimental items. A sentence priming paradigm was used. A total of forty-eight right-handed participants (23 males) aged from 18 to 24 years old took part in this study. A Latin square method was adopted to balance different experimental treatments of the same phrase between participants. The experimental materials were divided into 4 lists, and the

subjects were randomly assigned to one of the lists to judge true or false words. Results: In the priming of verbal metaphorical phrasal, the reaction times of abstract verbs were significantly shorter than that of concrete verbs and control verbs, and there was no significant difference between concrete verbs and control verbs.

Experiment 2: The purpose is to explore the processing and integration timing of verbal metaphor from the perspective of a sentence by using event-related potential (ERP) technique. The participants were asked to read subject-verb metaphorical sentences, verb-object metaphorical sentences, literal-concrete sentences and literal-abstract sentences. Thirty-eight participants (17 males) were recruited in this study. To ensure the participants read sentences in the experiment carefully, 40% of the experimental items were selected to set the sentence comprehension task. The Latin square method was adopted to balance subjects and stimuli. Brain electrical activity was recorded by a 64-channel system composed of tin electrodes mounted in an elastic cap according to the international 10-20 System. The N400 and P600/LPC components were selected as indicators of the processing stages of the target verb and object. The results showed that the N400 effect induced by the verb-object metaphor sentences in the predicate stage is similar to the literal-concrete sentences, and the P600/LPC effect induced by the subject-verb metaphor sentences in the predicate stage is similar to the literal-abstract sentences. Subject-verb metaphor sentences induced more positive P600/LPC amplitude in the predicate phase compared to predicate-object verb metaphor sentences, while there was no significant difference in the average amplitude of P600/LPC between the two at the object stage.

The present results suggested that verbal metaphor is processed both by simulation and abstraction, and the metaphorical meaning is integrated immediately with the unfolding of the sentence meaning. The position where the semantic conflict lies in a sentence (verb vs. object) modulates the time course of metaphor sentence comprehension.

Key words verbal metaphors, simulation, abstraction, N400, P600/LPC